

مطالعات آهن زدایی بوکسیت دیاسپوری کم عیار با استفاده

از روش گرمایشیمیایی

نویسنده: مهدی معظمی گودرزی* بهرام رضایی* و احمد امینی**

*دانشکده مهندسی معدن متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران؛ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، تهران، ایران.

Iran Removal Studies of Low Grade Diasporic Bauxite by Using Thermochemical Treatment

By: M.Moazemi Goodarzi*, B.Rezaei*, & A.Amini**

*Mining Metallurgy and Petroleum Engineering Department, Amir kabir University of Technology, Tehran, Iran;

** Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۱۲/۰۷

چکیده

در این تحقیق، امکان آهن زدایی نمونه بوکسیت دیاسپوری پر آهن با استفاده از روش گرمایشیمیایی برای نخستین بار مطالعه شده است. بدین منظور، نمونه در دماهای ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد کلسینه گردید و آزمایشهای اسیدشویی با استفاده از اسید کلریدریک بر روی آن انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش دمای کلسیناسیون، به تدریج انحلال پذیری آلومینیم و آهن در اسید کاهش می یابد ولی افزایش دمای کلسیناسیون تا بیش از ۹۰۰ درجه سانتی گراد سبب انحلال انتخابی آهن نسبت به آلومینیم در اسید می شود. بررسی عوامل مؤثر بر اسیدشویی نشان داد که دمای انحلال اثر گذارترین پارامتر برای آهن زدایی از نمونه به محلول اسیدی است به نحوی که با افزایش آن از ۲۰ تا ۹۵ درجه سانتی گراد، می توان با حفظ ماهیت انتخابی فرایند، بازیابی آهن را از ۷/۸۹ درصد به ۸۱/۰۲ درصد افزایش داد. در ادامه مدت زمان ۱۲۰ دقیقه، غلظت اسید ۵۰ درصد، ابعاد خردایش کوچک تر از ۲۱۰ میکرون و درصد جامد ۱۵ به عنوان مقادیر بهینه دیگر پارامترها انتخاب شد که در نتیجه بازیابی آهن در محلول تا ۹۶/۵ درصد افزایش یافت.

کلید واژه ها: آهن زدایی، بوکسیت دیاسپوری، آزمایشهای گرمایشیمیایی، اسیدشویی، اسید کلریدریک، کلسیناسیون

Abstract

In this paper, iron removal studies on high iron diasporic bauxite by thermochemical treatment was investigated for the first time. For this purpose, bauxite samples were calcined in temperatures between 600 and 1100°C and then leached with hydrochloric acid. Obtained results revealed, in spite of gradual decrease in both iron and aluminum extraction with rising calcination temperature, iron extraction to aluminum extraction is selective at calcination temperature above 900°C. Leaching studies of calcined sample at 900°C proved that leaching temperature is the most important parameter for iron dissolution in acid and rising leaching temperatures from 20 to 95°C increases iron extraction over 70%. The other optimum parameters are: leaching time 120 minutes, acid concentration 50% V/V, grinding size of 210 μm, pulp density of 15% solid by weight. As a result of optimizing parameters, 96.5% of bauxite iron content removed successfully with 88.5% aluminum recovery and solid residue iron content, i.e., the obtained concentrate, decreased from 27.02 to 1.59%.

Key words: Iron removal, Diasporic bauxite, Thermochemical treatment, Leaching, Hydrochloric acid, Calcination

مقدمه

می تواند منجر به کاهش مشکلات زیست محیطی مرتبط با دفع خاک سرخ در محیط گردد (Reddy, 1999). تاکنون مطالعات گسترده ای برای کاهش آهن با استفاده از روشهای فیزیکی و گرما فیزیکی صورت گرفته است. از آن جمله می توان به

کاهش آهن در ذخایر بوکسیتی از دو دیدگاه اهمیت دارد. کاهش آهن موجود در نمونه از یک سو امکان استفاده از ذخایر بوکسیتی را در صنایع نیازمند بوکسیت کم آهن از قبیل صنایع نسوز، صنایع ساینده و سیمان فراهم آورد و از سوی دیگر کاهش آهن بوکسیت قبل از فرایند بایر،



مواد اولیه، تجهیزات و آزمایشها

آزمایشها بر روی بوکسیت دیاسپوری پر آهن منطقه بلبلوویه کرمان صورت گرفت که پس از طی مراحل آماده سازی تا زیر ۲۳۶۰ میکرون (۸ مش) خرد گردیده بود. براساس نتایج تجزیه شیمی درصد Al_2O_3 و Fe_2O_3 به ترتیب ۳۶/۶ و ۲۷/۰۲ به دست آمد. مطالعات میکروسکوپی و تجزیه XRD صورت گرفته بر روی نمونه نشان داد که دیاسپور، هماتیت و کانیهای اصلی و کائولینیت، آاناتاز، گوتیت، کوارتز و ایلیت کانیهای فرعی موجود در نمونه هستند.

عملیات کلسیناسیون نمونه‌ها توسط کوره الکتریکی صورت گرفت. نمونه‌ها پس از سرد شدن توسط آسیای گلوله‌ای خرد و برای انجام آزمایش اسیدشویی آماده سازی شد. آزمایش اسیدشویی توسط دستگاه هیتراستیرر و در بشر ۲۰۰ میلی‌لیتری، با حجم اسید اولیه ۱۰۰ میلی‌لیتر انجام گرفت. از اسید کلریدریک با درصد خلوص ۳۷/۵ تولید شرکت مرک برای انجام مطالعات استفاده شد. پس از اسیدشویی، محلول به دست آمده بلافاصله فیلتر شده و جامد باقیمانده توسط آب، شستشو گردید. در پایان مایع حاصل از اسیدشویی به حجم مناسب رسیده و به روش شیمیایی، تجزیه گردید.

تغییرات حاصل از گرما در کانیهای موجود در بوکسیت

آزمایشهای تجزیه حرارتی و XRD نشان داده است که دیاسپور در دمای ۲۵۰ تا ۶۵۰ درجه آب تبلور خود را از دست می‌دهد و به آلفا آلومینا تبدیل شده و با افزایش بیشتر دما تا ۹۰۰ درجه دیاسپور موجود در نمونه به گاما آلومینا تبدیل می‌شود (Klopprogge, 2002 & Rayzman, 2003).

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات XRD کانیهای عمده آهن‌دار موجود در نمونه، گوتیت و هماتیت هستند. گوتیت در دمای ۳۰۰ درجه شروع به تبدیل شدن به هماتیت می‌کند و در ۳۵۰ درجه تمامی گوتیت به هماتیت تبدیل می‌شود. در دمای بین ۳۵۰ درجه تا ۷۰۰ درجه هیچ‌گونه تغییری در نمونه مشاهده نمی‌شود. در دمای ۸۰۰ درجه فاز جدیدی از Fe^{+3} شروع به تشکیل می‌کند. این تبدیل فاز در دماهای ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه به نهایت می‌رسد. تشکیل این فاز از خروج آلومینیم جانشین شده در شبکه هماتیت و تشکیل فاز جدید مولیت ناشی می‌شود (RaJ, 2004). مطالعات نشان داده است فاز مولیت در اثر ترکیب سیلیس با گاما آلومینا در دماهای بالاتر از ۱۰۰۰ تشکیل می‌شود. این فاز تا دمای حدود ۱۹۰۰ درجه پایدار است و با افزایش بیشتر دما به ماده‌ای شیشه‌ای تبدیل می‌شود (Guanzhou, 2004 & Mehta, 1992).

واکنشهای شیمیایی

واکنشهای شیمیایی که در طول اسیدشویی بوکسیت با اسید کلریدریک می‌توانند صورت پذیرند شامل ۳ واکنش زیر است (Reddy, 1999).

جدایش نمونه خام، نمونه کلسینه شده و نمونه کاهش یافته توسط جداکننده مغناطیسی اشاره کرد. در روش کلسیناسیون، نمونه پس از کلسینه شدن تا ۸۵۰ درجه آسیا شده و از بخش غیر مغناطیسی حاصل از جدایش، به عنوان محصول کم آهن استفاده می‌شود (Rao, 2002). در روش کاهش نیز، نمونه در دماهای ۸۰۰ تا ۸۵۰ درجه گرما دیده و هماتیت و گوتیت موجود در آن با کمک مواد کاهنده‌ای همچون زغال کک، گاز هیدروژن و یا گاز منواکسیدکربن به آهن فلزی یا مگنتیت تبدیل می‌گردد. سپس آهن حاصل از فرایند کاهش با شدت میدان مغناطیسی اندکی به بخش مغناطیسی بازیابی شده و از بخش غیر مغناطیسی به عنوان محصول کم آهن استفاده می‌شود (Sadler, 1990; Rao, 2002; Banerjee, 2000).

نتایج به دست آمده از این مطالعات نشان داده است که امکان حذف آهن با بازیابی بالاتر از ۶۰ درصد آلومینا، وجود ندارد. علاوه بر این آزمایشها، اغلب بر روی بار ورودی با آهن بین ۵ تا ۱۰ درصد صورت گرفته است و افزایش درصد آهن اولیه بار ورودی می‌تواند موجب کاهش چشمگیر کارایی آنها شود (Gholinejad, 2003).

برای مثال آزمایشهای پری‌عیار سازی نمونه مورد بررسی در این تحقیق به کمک جداکننده مغناطیسی شدت بالاتری نشان داد که بیش از ۸۱ درصد آهن موجود در نمونه خام به بخش غیر مغناطیسی بازیابی شده و عیار آهن در بخش غیر مغناطیسی تنها با ۰/۲ درصد کاهش از ۲۷/۰ درصد به ۲۶/۸ درصد کاهش یافت. حتی با وجود افزایش بازیابی آهن به بخش مغناطیسی به کمک کلسینه کردن نمونه، تفاوت چندانی در درصد آهن بازیابی شده به دو بخش مغناطیسی و غیر مغناطیسی مشاهده نگردید.

با توجه به ناکارآمدی روشهای فیزیکی در حذف آهن، آزمایشهای آهن‌زدایی نمونه خام با کمک اسید کلریدریک موضوع بسیاری از تحقیقات قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان داده است که می‌توان تقریباً تمامی آهن موجود در بوکسیت را با بازیابی قابل قبول آلومینیم حل و استخراج کرد (Mergen, 2004 & Zivkovic, 1994). با وجود آنکه با کمک این روشها می‌توان بخش عمده آهن موجود در بوکسیتها با آهن کم تا متوسط را حل کرد، اما اسید شویی نمونه خام با درصد آهن اولیه بالا مستلزم افزایش غلظت اسید و دمای انحلال به عنوان مهم‌ترین پارامترهای انحلال است. در نتیجه بخش قابل توجهی از آلومینیم توسط اسید حل شده و بازیابی آن کاهش می‌یابد (Mergen 2002, & Pang, 1999).

در این تحقیق امکان انحلال انتخابی آهن از بوکسیت پر آهن به کمک روش گرما شیمیایی شامل مراحل کلسیناسیون و اسید شویی نمونه با استفاده از اسید کلریدریک بررسی می‌شود.



درصد در دماهای ۲۰ درجه، ۵۰ درجه و ۹۵ درجه اسیدشویی گردید. نتایج حاصل در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. با توجه به شکل با افزایش دمای محلول، بازیابی آهن به محلول تا ۷۰ درصد افزایش می‌یابد. با وجود افزایش بازیابی آهن، ماهیت انتخابی انحلال آهن به آلومینیم همچنان حفظ می‌گردد. بنابراین می‌توان دمای ۹۵ درجه را به عنوان دمای مناسب اسیدشویی انتخاب کرد.

زمان اسیدشویی

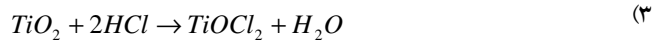
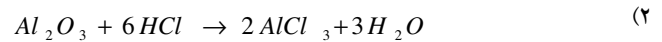
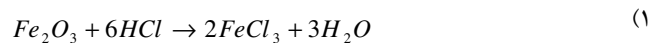
نمونه پس از کلسینه شدن در دمای ۹۰۰ درجه به مدت ۶۰ دقیقه، تا زیر ۵۰۰ میکرون خرد گردید سپس با درصد جامد ۲۰ در مدت زمانهای ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۳۶۰ دقیقه با اسید ۵۰ درصد در دمای ۹۵ درجه اسیدشویی گردید. شکل‌های ۵ و ۶، نتایج حاصل از این آزمایشها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل بیش از ۷۰ درصد آهن در همان ۳۰ دقیقه اول توسط اسید حل می‌شود و پس از گذشت ۱۲۰ دقیقه از زمان اسیدشویی آهنگ استخراج آهن کند می‌شود. شکل ۶ نسبت استخراج آهن به استخراج آلومینیم به محلول را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، با گذشت زمان از ماهیت انتخابی اسیدشویی آهن نسبت به آلومینیم کاسته می‌شود. همچنین افزایش مدت زمان فرایند منجر به کاهش ظرفیت تولید می‌گردد، لذا مدت زمان ۱۲۰ دقیقه به عنوان زمان بهینه انجام آزمایش اسیدشویی انتخاب می‌شود.

غلظت اسید

نمونه پس از کلسینه شدن به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۹۰۰ درجه تا زیر ۵۰۰ میکرون خرد گردید. سپس با درصد جامد ۲۰ به مدت ۱۲۰ دقیقه با غلظتهای اسید ۵۰، ۳۰ و ۷۰ درصد در دمای ۹۵ درجه اسیدشویی گردید که نتایج حاصل در شکل ۷ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، با افزایش غلظت اسید بازیابی آهن به محلول افزایش یافته و در غلظت اسید ۷۰ درصد حداکثر می‌گردد. ولی با توجه اینکه افزایش غلظت اسید باعث تحمیل هزینه عملیاتی بیشتر و همچنین افزایش بازیابی آلومینیم به محلول می‌شود، غلظت ۵۰ درصد را می‌توان به‌عنوان غلظت مناسب برای عملیات اسیدشویی انتخاب کرد.

اثر خردایش

پس از آنکه نمونه در دمای ۹۰۰ درجه به مدت ۶۰ دقیقه کلسینه گردید، توسط آسیای گلوله‌ای تا ابعاد کمتر از ۳۰ مش (۵۰۰ میکرون)، ۷۰ مش (۲۱۰ میکرون)، ۲۰۰ مش (۷۵ میکرون) خرد شد سپس دانه‌بندیهای مختلف با درصد جامد ۲۰، به مدت ۱۲۰ دقیقه، با غلظت اسید ۵۰ درصد و در دمای ۹۵ درجه اسیدشویی گردید. شکل ۸ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. با توجه



تمایل سیستم، به انجام واکنشهای ۱ و ۲ می‌باشد و واکنش ۳ به صورت جزئی و با ثابت تعادلی کم صورت می‌پذیرد. مطالعات صورت گرفته بر روی بوکسیت‌های مونوهیدرات نشان داده است که سینتیک استخراج آهن توسط اسید کلریدریک از درجه اول می‌باشد و از مدل هسته کاهش‌ی (Shrinking Core Model) پیروی می‌کند (Mergen, 2002 & Paspaliaris, 1987).

تعیین دما و زمان بهینه کلسیناسیون

برای انجام آزمایشهای نمونه حاصل از سنگ شکن استوانه‌ای در دماهای بین ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه به مدت ۶۰ دقیقه، در کوره الکتریکی تحت حرارت قرار گرفت، سپس نمونه تا ابعاد زیر ۵۰۰ میکرون خرد و با اسید کلریدریک با غلظت حجمی ۵۰ درصد به مدت ۱۲۰ دقیقه اسیدشویی گردید.

نتایج حاصل از این آزمایشها در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. شکل ۱ وضعیت بازیابی آلومینیم و آهن در دماهای مختلف کلسیناسیون را نشان می‌دهد. با توجه به منحنی بازیابی آلومینیم، با افزایش دمای کلسیناسیون قابلیت انحلال آلومینیم به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد به نحوی که در دمای ۱۱۰۰ درجه به کمتر از ۰/۱ درصد می‌رسد. این در حالی است که انحلال پذیری آهن نیز با افزایش دمای کلسیناسیون کاهش می‌یابد، اما این کاهش با آهنگ کمتری نسبت به آلومینیم رخ می‌دهد. لذا با افزایش دمای کلسیناسیون فرایند انحلال آهن انتخابی‌تر می‌شود. شکل ۲ نسبت استخراج آهن به آلومینیم در اسید نسبت به تغییرات دمای کلسیناسیون نشان می‌دهد. با مشاهده شکل ۲ می‌توان به‌وضوح به انحلال انتخابی آهن به آلومینیم در اسید در دماهای بالاتر از ۹۰۰ درجه پی برد. بنابراین، یکی از دماهای ۹۰۰ درجه، ۱۰۰۰ درجه و ۱۱۰۰ درجه را می‌توان برای ادامه مطالعات انتخاب کرد که با توجه به کاهش انحلال پذیری آهن در دماهای ۱۰۰۰ و ۱۱۰۰ درجه، دمای ۹۰۰ درجه به‌عنوان دمای مناسب کلسیناسیون انتخاب شد.

شکل ۳ تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم را به محلول در دمای ۹۰۰ درجه و زمانهای کلسیناسیون ۶۰ دقیقه، ۱۲۰ دقیقه و ۱۸۰ دقیقه نشان می‌دهد. با توجه به شکل با افزایش زمان کلسیناسیون میزان بازیابی آهن به محلول کاهش می‌یابد در حالی که بازیابی آلومینیم به محلول افزایش می‌یابد. در نتیجه زمان کلسیناسیون ۶۰ دقیقه با توجه به بیشینه بازیابی آهن و کمینه بازیابی آلومینیم، مدت زمان مناسب برای کلسیناسیون نمونه است.

دمای محلول اسیدشویی

نمونه پس از کلسیناسیون به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۹۰۰ درجه تا زیر ۵۰۰ میکرون خرد شد و سپس با درصد جامد ۲۰، به مدت ۱۲۰ دقیقه با اسید ۵۰

شرایط اسیدشویی بازیابی آلومینیم به محلول با غلظت اسید ۵۰ درصد و دمای ۹۵ درجه را تا ۱۲ درصد کاهش داد. این مطلب به‌وضوح نشان‌دهنده افزایش پایداری آلومینیم موجود در بوکسیت در اثر کلسیناسیون است. مطالعات نشان داده‌اند که همواره بخشی قابل توجهی از آلومینیم در شبکه هماتیت به صورت جانشین وجود دارد که در اسید به آسانی قابل حل است، این بخش از آلومینیم در اثر گرما از شبکه هماتیت جدا شده و به صورت گاما آلومینا و ترکیب مولیت با قابلیت انحلال کم، در محیط ظاهر می‌شود. با افزایش دمای کلسیناسیون تا دماهای بالاتر از ۹۰۰ درجه واکنش خروج آلومینیم جانشین و تشکیل مولیت نامحلول به سمت اشباع پیش می‌رود. نتیجه این فرایند پایداری آلومینیم در برابر انحلال و استخراج انتخابی آهن توسط اسید است (RaJ, 2004 & Guanzhou, 2004).

همچنین نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های اسیدشویی نشان داد که پس از دمای اسیدشویی، غلظت اسید اثر گذارترین پارامتر بر استخراج آهن است. آزمایش‌ها نشان داد که کاهش غلظت اسید منجر به کاهش بازیابی آهن به محلول و افزایش آن شده و کاهش بازیابی آلومینیم را در پی دارد.

نتیجه‌گیری

- ۱- با افزایش دمای کلسیناسیون میزان انحلال آهن در اسید کاهش یافت.
- ۲- دمای ۹۰۰ درجه و مدت زمان ۶۰ دقیقه، به عنوان دمای مناسب برای انحلال انتخابی آهن به دست آمد.
- ۳- دمای محلول اسیدشویی مؤثرترین پارامتر بر استخراج آهن به درون اسید است و با افزایش آن از ۲۰ به ۹۵ می‌توان تا ۷۰ درصد بازیابی آهن به محلول را افزایش داد.
- ۴- مدت زمان ۲ ساعت به عنوان زمان بهینه اسیدشویی به دست آمد.
- ۵- غلظت اسید ۵۰ درصد با توجه به ملاحظات اقتصادی به‌عنوان غلظت مناسب انتخاب شد.
- ۶- خردایش تا زیر ۲۱۰ میکرون به عنوان ابعاد بهینه خردایش انتخاب شد.
- ۷- درصد جامد ۱۵ با توجه به نتایج مناسب حاصل از آن انتخاب شد. در این شرایط بیش از ۹۶/۵ درصد آهن موجود با بازیابی ۸۸/۴۵ درصدی آلومینیم استخراج شد و عیار آهن در جامد باقیمانده از ۲۷/۰۲ درصد به ۱/۵۹ درصد کاهش یافت.

به شکل، بیشترین بازیابی آهن به محلول در دانه‌بندی ۲۱۰- میکرون به دست می‌آید.

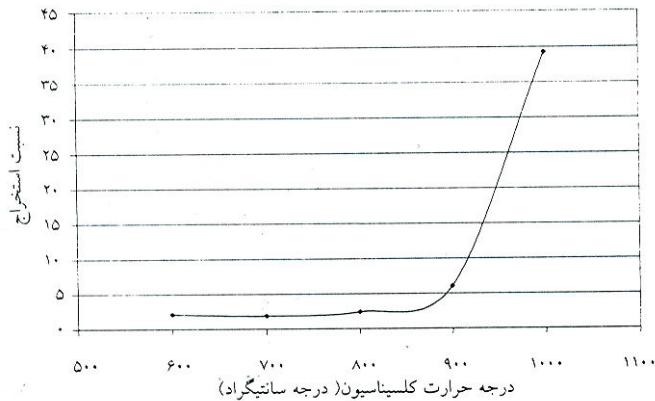
اثر درصد جامد

نمونه پس از کلسینه شدن در دمای ۹۰۰ درجه به مدت ۶۰ دقیقه تا زیر ۲۱۰ میکرون خرد شد و سپس با درصد جامد ۲۵، ۲۰ و ۱۵ به مدت ۱۲۰ دقیقه با غلظت اسید ۵۰ درصد در دمای ۹۵ درجه اسیدشویی گردید. با مشاهده شکل ۹ می‌توان دریافت بیشترین بازیابی آهن و کمترین بازیابی آلومینیم به محلول در درصد جامد ۱۵ درصد به ترتیب برابر با ۹۶/۵ و ۱۱/۵۵ به‌دست می‌آید که در نتیجه درصد آهن در جامد باقیمانده اسیدشویی از ۲۷/۰۲ درصد به ۱/۵۹ درصد کاهش می‌یابد.

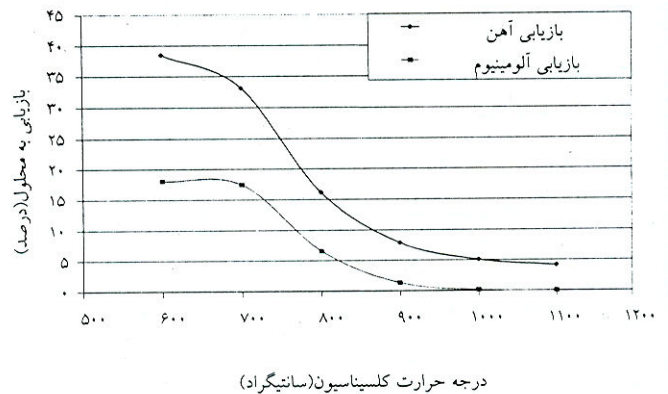
بحث

براساس نتایج حاصل از آزمایش‌های کلسیناسیون، با افزایش دمای کلسیناسیون از ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه، انحلال پذیری آلومینیم و آهن در اسید به‌تدریج کاهش می‌یابد. مطالعات بر روی تغییرات ساختاری حاصل از گرما در بوکسیت نشان داده است افزایش دمای کلسیناسیون تا ۵۲۵ درجه منجر به تغییر بلورهای کامل اولیه به بلورهای متخلخل و همچنین ایجاد شکافهای فراوان در سطح نمونه می‌شود. کلسینه کردن نمونه در این دما، منجر به افزایش انحلال‌پذیری آن می‌گردد اما افزایش بیشتر دمای کلسیناسیون باعث از بین رفتن ریز ساختارها و حفره‌های موجود در بافت بوکسیت می‌شود که در نتیجه بلورهای یکنواخت و یکپارچه تشکیل می‌شود. هرچه دمای کلسیناسیون بیشتر باشد، بلورهای یکنواخت‌تری تشکیل می‌شود. تشکیل بلورهای کامل و یکنواخت بار دیگر سبب کاهش انحلال‌پذیری آنها می‌شود و در نتیجه با افزایش بیشتر دمای کلسیناسیون انحلال‌پذیری اجزای بوکسیت کاهش می‌یابد (Zhou, 2004).

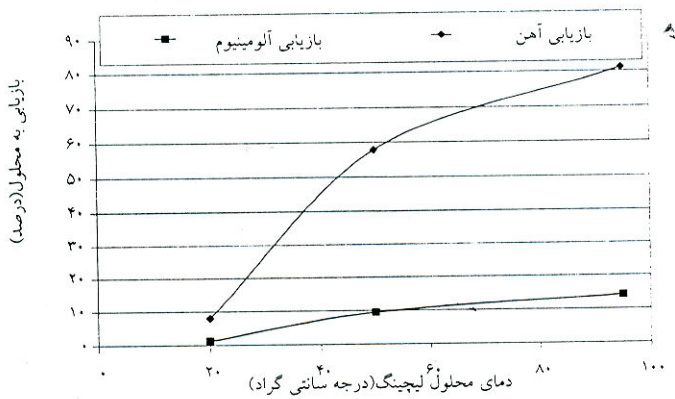
براساس آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های کلسینه نشده دیاسپوری، دمای اسیدشویی مهم‌ترین پارامتر اثر گذار بر استخراج آهن است. اما افزایش دما در عین حال که باعث افزایش قابل توجه انحلال‌پذیری آهن در اسید می‌شود، سبب افزایش بازیابی آلومینیم به محلول نیز می‌گردد. برای مثال، با افزایش دما از ۷۰ تا ۹۰ درجه، بازیابی آلومینیم به محلول در غلظت اسید ۵۰ درصد از ۳ درصد به ۳۸/۵ درصد افزایش می‌یابد (Mergen, 2002 & 2004). این در حالی است که نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها بر روی نمونه کلسینه شده نشان داد که می‌توان با بهینه‌سازی



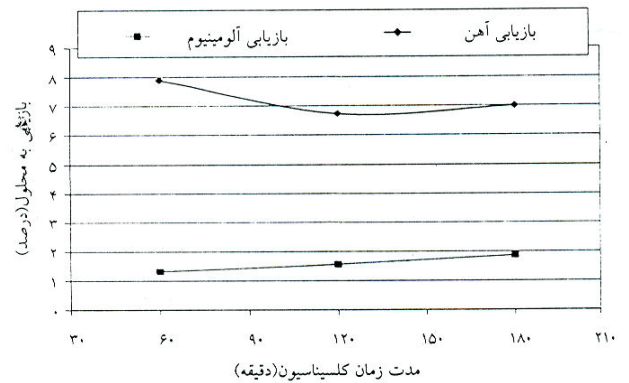
شکل ۲- تأثیر دمای کلسیناسیون نمونه بر نسبت استخراج آهن به آلومینیم



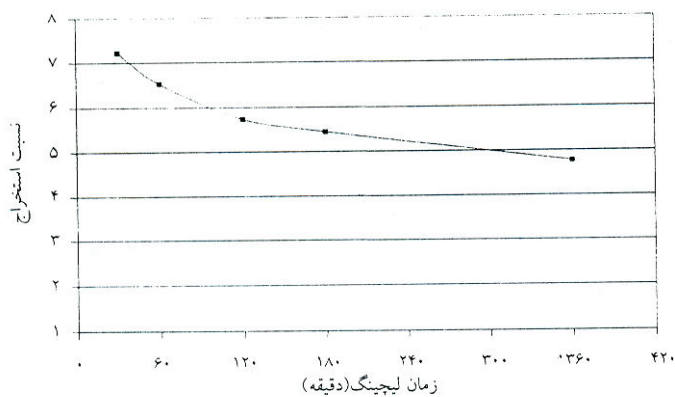
شکل ۱- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت به دمای کلسیناسیون نمونه



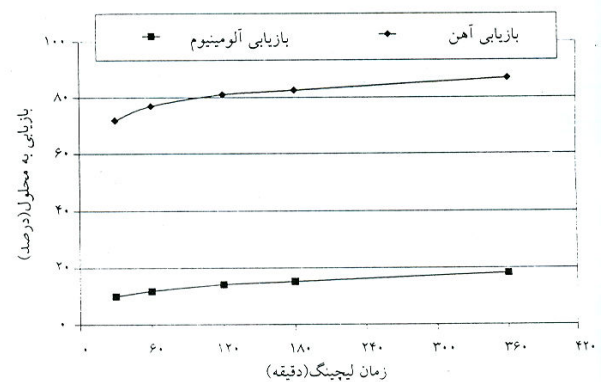
شکل ۴- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت به دمای انحلال



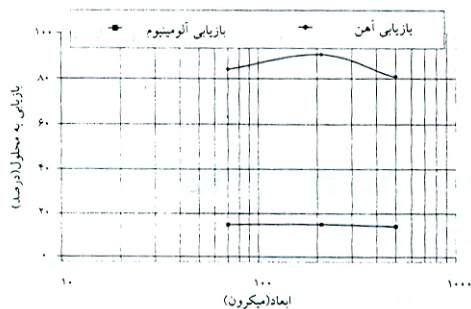
شکل ۳- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت به مدت زمان کلسیناسیون



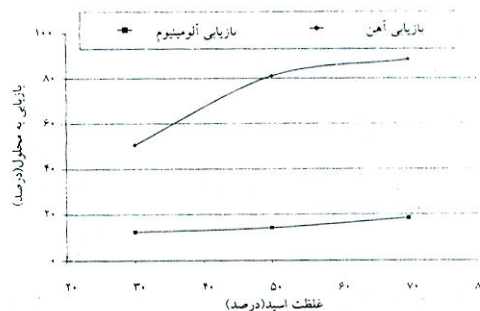
شکل ۶- تأثیر زمان اسید شویی بر نسبت استخراج آهن به آلومینیم



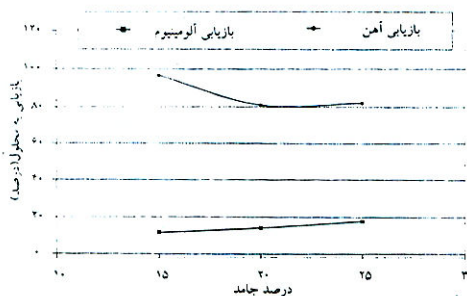
شکل ۵- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت به زمان اسید شویی



شکل ۸- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت به ابعاد خردایش



شکل ۷- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت به غلظت اسید شکل



شکل ۹- تغییرات بازیابی آهن و آلومینیم در محلول نسبت درصد جامد یالب

References

- Banerjee, G. N., 2000- "Deironation of bauxite by gaseous reduction and magnetic separation for refractory uses", Transactions of the Indian Institute of Metals (India) Vol. 53, no. 4-5, pp: 527-529
- Gholinejad, M., 2003- "Beneficiation of the low grade bauxite by wet high intensity magnetic separation", International seminar on mineral processing Technology- MPT, PP:243-249
- Guanzhou, Qiu., 2004 - "Activation and removal of silicon by thermochemical process", Scandinavian Journal of metallurgy, pp121-128
- Kloprogge, J. T., 2002- "Thermal decomposition of bauxite minerals: infrared emission spectroscopy of gibbsite, boehmite and diasporite, Journal of materials science, pp:1121-1129
- Mergen, A., 2004 - "Production of sintered high alumina refractories from Turkish bauxite ore", British ceramic transactions vol.103, no.1 pp: 42-48
- Mergen, A., 2002- "Kinetics of leaching of boehmitic bauxite of Konya-Turkey with hydrochloric acid", Silicates industrials, pp: 75-80
- Mehta, SK., 1992- "High-temperature solid-state transformations in jammu bauxite, journal of thermal analysis", pp: 2455-2458
- Pang, S., 1999- "Apparent kinetics of leaching of iron oxides in diasporic bauxite by hydrochloric acid", Nonferrous Metals China, Vol. 51, pp: 49-53
- Paspaliaris, Y., 1987- "Reaction kinetics for the leaching of iron oxides in diasporic bauxite from the parnassus-giona zone (Greece) by hydrochloric acid" Hydrometallurgy, pp: 259-266
- Reddy, B. R., 1999- "Kinetics of leaching of gibbsitic bauxite with hydrochloric acid", Hydrometallurgy 51, pp:131-138
- Rao, R. B., 2002- "Effect of thermal pretreatment on grindability and upgradation of bauxite for refractory applications", Light Metals TMS Annual Meeting, pp: 205-208
- Raj, D., 2004 - "High temperature transformation of Iron Minerals in bauxite", Hyperfine Interactions, pp:153-158
- Sadler, L.Y., 1990 - "Process for enhanced removal of iron from bauxite ores", SME Annual Meeting, pp. 233-246.
- Zivkovic, Z. D., 1994 - Kinetics and mechanism of leaching of low-quality boehmite bauxite with hydrochloric acid, Hydrometallurgy Vol. 36, pp. 247-258
- Rayzman, V.L., 2003- "Extracting Silica and Alumina from low grade bauxite", JOM pp: 47-50
- Zhou, Q, S., 2004 - "Temperature dependence of crystal structure of roasted diasporic bauxite", Transactions of nonferrous metals society of China 14 (1), pp: 180-183